

HEDGING : SUATU MANAJEMEN RESIKO OPSI

Benny Yong

Dosen Fakultas MIPA Unpar
Jalan Ciumbuleuit 94 Bandung 40141
Email : benny_y@home.unpar.ac.id

Abstract

Options have become extremely popular, so popular that in many cases more money is invested in them in the underlying assets. Options are extremely attractive to investors, both for speculation and for hedging. The investors can make a greater profit relative to their original payout than you would do by simply purchasing the shares. A financial institution that sells an option to a client in the over-the-counter-markets is faced with the problem of managing its risk. Some strategies for facing this problem are naked position strategy, covered position strategy, stop loss strategy and delta hedging strategy. It can be seen from this article that delta hedging strategy is more powerful than other strategies because this strategy can be done for any condition, in the money or out of the money.

Kata kunci : opsi, hedging, delta hedging

Pendahuluan

Opsi adalah suatu instrumen keuangan yang memberikan hak bagi pemiliknya (bukan kewajiban) untuk membeli atau menjual aset keuangan (*underlying asset*) lainnya pada suatu harga tertentu (*exercise price*) dan pada waktu yang tertentu juga (*exercise time*). Aset keuangan yang akan dipakai disini adalah saham.

Dalam suatu transaksi jual beli opsi, ada pihak yang mengeluarkan opsi dan ada juga pihak yang membeli opsi. Pihak yang mengeluarkan opsi disebut sebagai *writer* dan pihak yang membeli opsi disebut sebagai *holder*. Harga sebuah opsi dipengaruhi oleh :

1. Harga saham sekarang ($S(0)$), yaitu harga saham pada saat membeli opsi.
2. Harga pelaksanaan/*exercise price* (K), yaitu harga yang tertera pada sebuah kontrak opsi. Harga pelaksanaan ini menjadi harga beli (untuk opsi call) atau harga jual (untuk opsi put) suatu aset bagi pemegang opsi pada saat jatuh tempo.
3. Waktu jatuh tempo/*exercise time* (T), yaitu waktu jatuh tempo (akhir perioda) bagi pemegang opsi untuk melaksanakan haknya untuk membeli (untuk opsi call) atau menjual (untuk opsi put) saham sesuai dengan harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak opsi.

Waktu jatuh tempo ini juga tertera pada kontrak opsi dan biasanya dinyatakan dalam tahun. Berkaitan dengan hal ini, ada dua tipe opsi, yaitu opsi tipe Amerika dimana pemegang opsi dapat menggunakan haknya kapan saja sebelum waktu jatuh tempo dan pemegang opsi tipe Eropa hanya dapat menggunakan haknya pada saat jatuh tempo.

4. Tingkat suku bunga (r), yaitu tingkat suku bunga yang berlaku pada saat membeli opsi. Biasanya tingkat suku bunga ini dinyatakan dalam tahun.
5. Volatilitas (σ), yaitu suatu ukuran ketidakpastian dari pergerakan harga aset yang berfluktuasi pada waktu yang akan datang. Volatilitas juga biasanya dinyatakan dalam tahun.
6. Dividen (q), yaitu pembagian keuntungan yang dibayarkan kepada pemegang aset tiap akhir tahun.

Nilai opsi pada saat jatuh tempo disebut sebagai nilai intrinsik dari opsi.

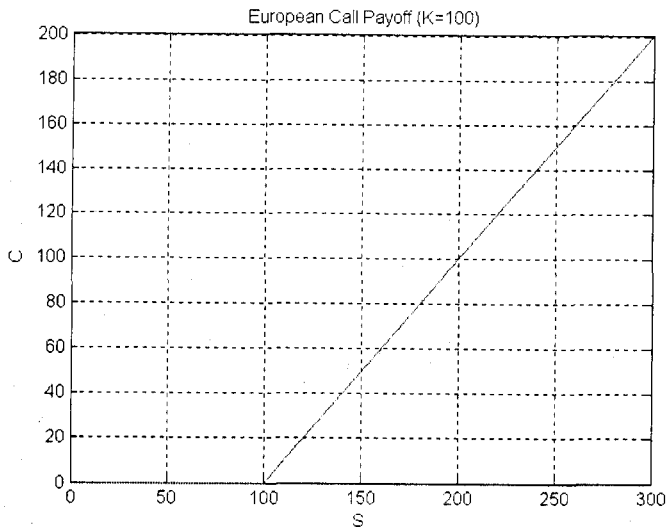
Opsi Call

Opsi call adalah suatu kontrak yang memberikan hak bagi pemegang opsi untuk membeli sejumlah saham dengan harga yang tertulis pada kontrak sebelum atau pada saat waktu tertentu. Keuntungan yang diperoleh dari pembeli opsi call tanpa memperhitungkan harga premi dari opsi call itu disebut *payoff* dari opsi call.

Misalkan seorang investor membeli opsi call dengan harga pelaksanaan K dan kontrak opsi call itu berakhir pada saat T . Jika pada saat T harga saham di pasar uang adalah S_T dan ternyata harga saham pada saat $t = T$ ini lebih besar dari harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, maka investor itu tanpa ragu-ragu akan segera menggunakan haknya karena investor dapat membeli saham dengan harga yang jauh lebih murah daripada dia membeli saham di pasar uang sehingga keuntungan yang diperoleh dari pelaksanaan kontraknya adalah sebesar $S_T - K$. Keuntungan ini belum dikurangi dengan harga premi dari opsi call itu. Sedangkan jika harga saham pada saat $t = T$ lebih kecil dari harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, maka investor itu pastinya tidak akan melaksanakan haknya sebagai pemegang opsi call karena harga saham di pasar uang jauh lebih murah daripada harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, sehingga keuntungan yang diperoleh adalah 0. *Payoff* dari opsi call itu digambarkan dalam suatu persamaan matematika berikut :

$$C(S_T, T) = \max(S_T - K, 0) \quad (1)$$

Dilihat dari persamaan matematika itu dapat disimpulkan bahwa nilai opsi call ini akan bertambah jika harga saham naik. Kenaikan harga saham ini bisa dipengaruhi oleh peningkatan suku bunga atau peningkatan tingkat volatilitas.



Gambar 1. Gambar *payoff* opsi call dengan $K = 100$.

Pada ilustrasi berikut, terlihat bahwa seseorang yang menginvestasikan sebuah opsi akan mendapatkan keuntungan yang jauh lebih besar daripada membeli saham.

Tabel 1. Perbandingan profit berinvestasi dalam saham dengan opsi call Eropa

Harga Saham	Profit	Harga opsi call Eropa	Profit
$S(0) = 3000$		$C = 100, K = 3200$	
$S_T = 3900$	+30%	$C = 700$	+600 %
$S_T = 3600$	+20%	$C = 400$	+300 %
$S_T = 3300$	+10%	$C = 100$	0%
$S_T = 3000$	0%	$C = 0$	-100%
$S_T = 2700$	-10%	$C = 0$	-100%
$S_T = 2400$	-20%	$C = 0$	-100%

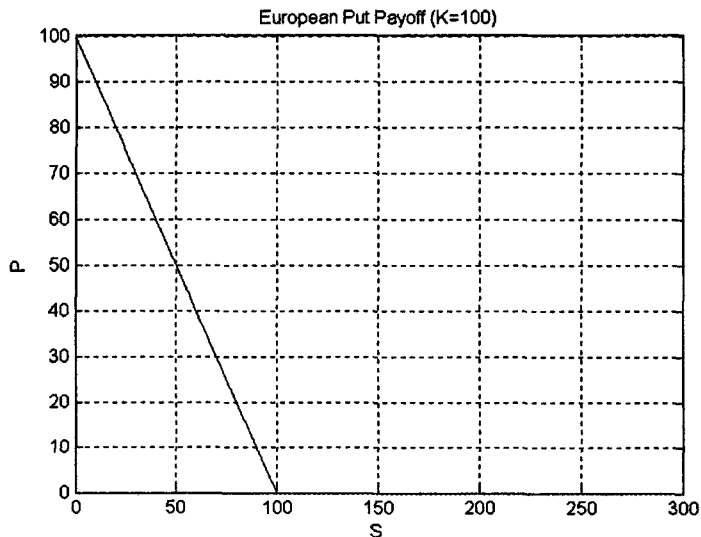
Opsi Put

Opsi Put adalah suatu kontrak yang memberikan hak bagi pemegang opsi untuk menjual sejumlah saham dengan harga yang tertulis pada kontrak sebelum atau pada saat waktu tertentu. Keuntungan yang diperoleh dari pembeli opsi put tanpa memperhitungkan harga premi dari opsi put itu disebut *payoff* dari opsi put.

Misalkan seorang investor membeli opsi put dengan harga pelaksanaan K dan kontrak opsi put itu berakhir pada saat T . Jika pada saat T harga saham di pasar uang adalah S_T dan ternyata harga saham pada saat $t = T$ ini lebih besar dari harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, maka investor itu tidak akan menggunakan haknya karena investor itu dapat menjual saham di pasar uang dengan harga yang jauh lebih mahal daripada dia menjual saham sesuai dengan harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, sehingga ia tidak mendapatkan keuntungan dari pelaksanaan kontraknya atau dengan kata lain keuntungannya adalah 0. Sedangkan jika harga saham pada saat $t = T$ lebih kecil dari harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak, maka investor itu pastinya akan segera melaksanakan haknya sebagai pemegang opsi put karena investor itu dapat menjual saham dengan harga yang jauh lebih mahal sesuai dengan harga pelaksanaan yang tertera pada kontrak daripada dia menjual saham di pasar uang sehingga keuntungan yang diperoleh dari pelaksanaan kontraknya adalah sebesar $K - S_T$. *Payoff* dari opsi put itu digambarkan dalam suatu persamaan matematika berikut :

$$P(S_T, T) = \max(K - S_T, 0) \quad (2)$$

Dilihat dari persamaan matematika itu dapat disimpulkan bahwa nilai opsi put ini akan bertambah jika harga saham turun. Penurunan harga saham ini bisa dipengaruhi oleh penurunan suku bunga atau penurunan tingkat volatilitas.



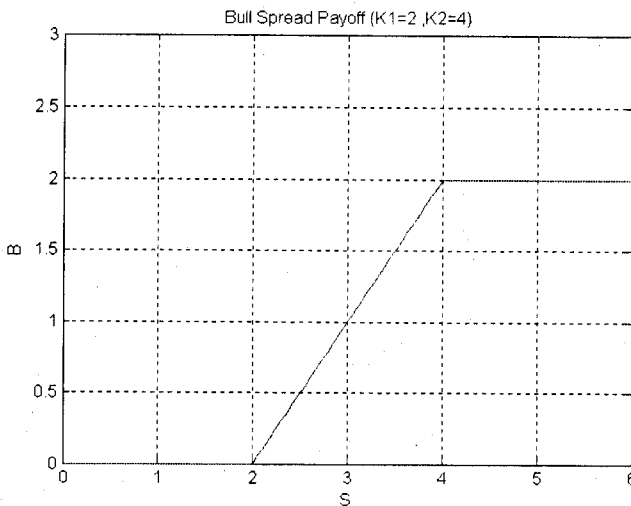
Gambar 2. Gambar *payoff* opsi put dengan $K = 100$.

Bull Spread

Misalkan seorang investor membeli suatu kontrak opsi call dengan harga pelaksanaan K_1 dan untuk jenis saham dan waktu jatuh tempo T yang sama, investor itu juga menjual suatu kontrak opsi call dengan harga pelaksanaan K_2 dengan $K_2 > K_1$. Pada saat T , nilai dari opsi pertama adalah $\max(S_T - K_1, 0)$ dan nilai dari opsi kedua adalah $-\max(S_T - K_2, 0)$ sehingga nilai keseluruhan opsi pada saat T adalah

$$\max(S_T - K_1, 0) - \max(S_T - K_2, 0) \quad (3)$$

Kombinasi jual dan beli opsi call ini merupakan suatu contoh dari Bull Spread.



Gambar 3. Gambar *payoff* bullspread dengan $K_1 = 2$ dan $K_2 = 4$.

Hedging

Suatu institusi keuangan yang menjual opsi kepada seorang klien akan menghadapi masalah mengenai bagaimana manajemen resiko. Singkatnya, menciptakan suatu pembelian opsi call sama dengan memagari (hedging) suatu posisi jual dalam opsi call itu.

Misalkan suatu institusi keuangan menjual suatu opsi call Eropa tanpa pembayaran dividen untuk 100.000 lembar saham dengan harga \$300.000. Misalkan harga saham saat ini adalah \$49, harga pelaksanaan \$50, suku bunga bebas resiko 5% per tahun, volatilitas harga saham 20% per tahun dan waktu jatuh tempo 20 minggu (0,3846 tahun). Harga opsi untuk 100.000 lembar saham ini berdasarkan formula Black-Scholes adalah \$240.000. Berarti institusi keuangan itu menjual opsi \$60.000 lebih mahal daripada nilai teoritisnya. Hal ini dikarenakan institusi keuangan tersebut mengambil keuntungan dalam proses menjual opsi untuk membayar biaya-biaya seperti gaji pegawai, biaya gedung dan sebagainya.

Pandang suatu opsi call Eropa dengan harga pelaksanaan K dan harga saham pada saat t adalah S_t . Jika S_t dibandingkan dengan K , maka ada tiga kemungkinan kejadian yang mungkin dialami oleh opsi, yaitu jika:

1. $S_t > K$: opsi call Eropa dikatakan berakhir dengan *in the money*
2. $S_t = K$: opsi call Eropa dikatakan berakhir dengan *at the money*
3. $S_t < K$: opsi call Eropa dikatakan berakhir dengan *out of the money*

Posisi Naked dan Posisi Covered

Suatu strategi yang dapat dilakukan oleh institusi keuangan adalah tidak melakukan apa-apa. Posisi ini disebut sebagai *naked position*. Untuk contoh tadi, strategi ini berjalan dengan baik jika harga saham kurang dari \$50 pada akhir minggu ke 20. Ini dikarenakan pembeli opsi tidak akan menggunakan opsi itu, akibatnya institusi keuangan akan mendapatkan keuntungan sebesar \$300.000. Posisi *naked* ini kurang bermanfaat jika opsi call digunakan, artinya harga saham pada saat jatuh tempo lebih dari \$50. Ini dikarenakan suatu institusi keuangan harus membeli 100.000 lembar saham di pasar dengan harga diatas harga pelaksanaan dan menjualnya kepada pembeli opsi call. Misalkan jika harga saham pada saat jatuh tempo adalah \$60, maka institusi keuangan akan rugi sebesar \$1.000.000 dan ini jauh melebihi dari harga premium yang diterimanya yaitu sebesar \$300.000.

Alternatif lain adalah *covered position*. Strategi ini dilakukan setelah menjual opsi (pada saat itu juga) dengan membeli saham sebanyak saham yang tertera pada kontrak opsi yang mungkin akan digunakan oleh pembeli opsi pada saat jatuh tempo. Dalam contoh ini, pada saat opsi call dijual kepada *holder*, maka *writer* segera membeli 100.000 lembar saham. Jika opsi digunakan, strategi ini akan berjalan dengan baik, sebaliknya jika opsi tidak digunakan, maka *writer* akan mendapatkan kerugian yang cukup signifikan. Sebagai contoh, jika harga saham turun menjadi \$40, maka *writer* akan mendapatkan kerugian sebesar \$900.000 pada posisi sahamnya. Nilai ini lebih besar daripada harga premium yang diperolehnya, yaitu \$300.000.

Baik posisi *naked* maupun posisi *covered*, keduanya tidak memberikan suatu kenyamanan dalam manajemen resiko. Jika asumsi-asumsi dalam formula Black-Scholes terpenuhi, biaya yang harus ditanggung oleh *writer* seharusnya rata-rata sekitar \$240.000 untuk kedua strategi tersebut. Tetapi mungkin saja dalam suatu kejadian, biaya yang ditanggung oleh *writer* adalah nol atau lebih dari \$1.000.000. Suatu pemagaran yang sempurna (*perfect hedge*) akan mengakibatkan biaya yang ditanggung selalu sama dengan \$240.000. Untuk pemagaran sempurna, standar deviasi dari biaya menjual dan memagari opsi adalah nol.

Strategi Stop Loss

Satu skema hedging yang cukup menarik adalah strategi *stop loss*. Sebagai ilustrasi dari ide dasarnya, misalkan suatu institusi telah menjual suatu opsi call dengan harga pelaksanaan K untuk membeli satu unit saham. Skema hedging terdiri dari pembelian satu unit saham jika harga saham lebih besar dari K dan menjual saham jika harga saham lebih kecil dari K . Jadi pada strategi ini dilakukan posisi *naked* jika harga saham dibawah K dan posisi *covered* jika harga saham diatas K . Skema dirancang untuk meyakinkan *writer* bahwa pada saat jatuh tempo *writer* akan memiliki saham jika opsi berakhir dengan *in the money* dan tidak akan memiliki saham jika opsi berakhir dengan *out of the money*. Strategi ini ingin menunjukkan bahwa *payoff* yang dihasilkan adalah sama dengan *payoff* pada opsi. Skema ini hanya dilakukan pada waktu-waktu tertentu. Ini berbeda dengan skema delta hedging yang lebih sempurna.

Delta Hedging

Strategi lain yang lebih akurat dibandingkan ketiga strategi tersebut adalah strategi delta hedging. Delta hedging, dilambangkan Δ , didefinisikan sebagai laju perubahan harga opsi terhadap harga aset, dalam hal ini adalah saham. Secara umum

$$\Delta = \frac{\partial C}{\partial S} \quad (4)$$

dengan C adalah harga opsi dan S adalah harga saham.

Formula Black-Scholes untuk harga suatu opsi call Eropa pada saat $t=0$ dengan tidak ada pembayaran dividen adalah

$$C = S(0)\Phi(d_1) - Ke^{-rT}\Phi(d_2) \quad (5)$$

sedangkan formula Black-Scholes untuk harga suatu opsi put Eropa pada saat $t=0$ dengan tidak ada pembayaran dividen adalah

$$P = -S(0)\Phi(-d_1) + Ke^{-rT}\Phi(-d_2) \quad (6)$$

dengan

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S(0)}{K}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (7)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S(0)}{K}\right) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (8)$$

dan $\Phi(x)$ adalah fungsi distribusi normal baku.

Perhatikan bahwa

$$\Phi'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}d_1^2} \quad (9)$$

dan

$$\Phi'(d_2) = \Phi'(d_1) \frac{S(0)}{K} e^{rT} \quad (10)$$

Sehingga untuk suatu opsi call Eropa dengan tidak ada pembayaran dividen dapat diperlihatkan dari formula Black-Scholes bahwa

$$\Delta_{call} = \frac{\partial C}{\partial S} = \Phi \left(\frac{\ln \left(\frac{S(0)}{K} \right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T}{\sigma \sqrt{T}} \right) \quad (11)$$

dan untuk suatu opsi put Eropa dengan tidak ada pembayaran dividen, juga dapat diperlihatkan dari formula Black-Scholes bahwa

$$\Delta_{put} = \frac{\partial P}{\partial S} = \Phi \left(\frac{\ln \left(\frac{S(0)}{K} \right) + \left(r + \frac{1}{2} \sigma^2 \right) T}{\sigma \sqrt{T}} \right) - 1 = \Delta_{call} - 1 \quad (12)$$

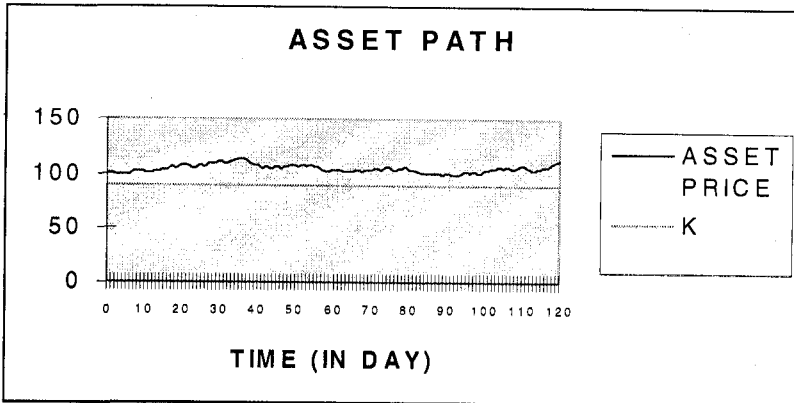
Perhatikan juga bahwa

$$\lim_{t \rightarrow T^-} \frac{\partial C(S, t)}{\partial S} = \begin{cases} 1, S(T) > K \\ \frac{1}{2}, S(T) = K \\ 0, S(T) < K \end{cases} \quad (13)$$

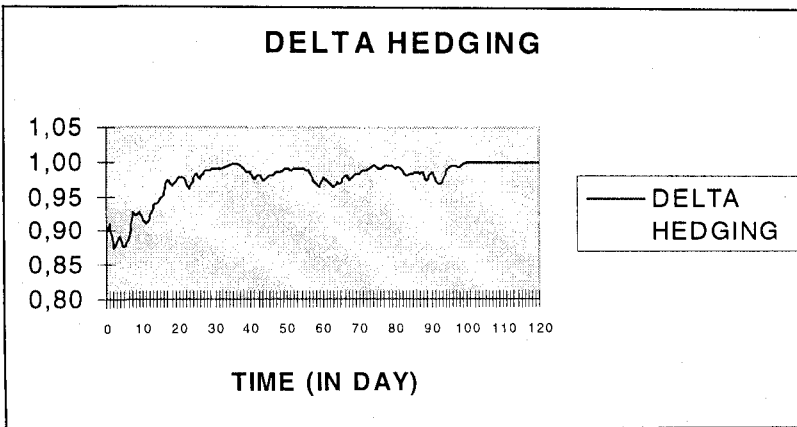
dan

$$\lim_{t \rightarrow T^-} \frac{\partial P(S, t)}{\partial S} = \begin{cases} 0, S(T) > K \\ -\frac{1}{2}, S(T) = K \\ -1, S(T) < K \end{cases} \quad (14)$$

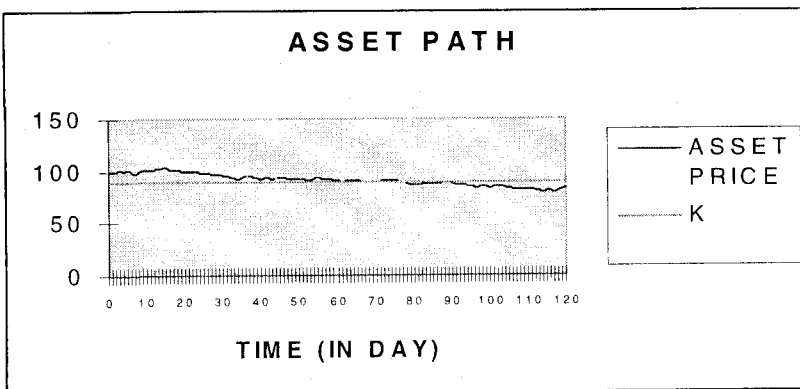
Gambar berikut ini menunjukkan suatu lintasan harga saham yang ditampilkan setiap hari sejak suatu opsi call Eropa dibeli dengan harga saham pada saat dibelinya opsi itu adalah 100, harga pelaksanaan adalah 90 dan waktu jatuh tempo adalah 120 hari. Gambar 4 memperlihatkan bahwa harga saham pada saat jatuh tempo berada di atas harga pelaksanaan. Terlihat dari gambar 5 bahwa semakin mendekati waktu jatuh tempo, nilai delta hedging semakin mendekati 1. Sedangkan gambar 6 memperlihatkan bahwa harga saham pada saat jatuh tempo berada di bawah harga pelaksanaan. Terlihat dari gambar 7 bahwa semakin mendekati waktu jatuh tempo, nilai delta hedging semakin mendekati 0.



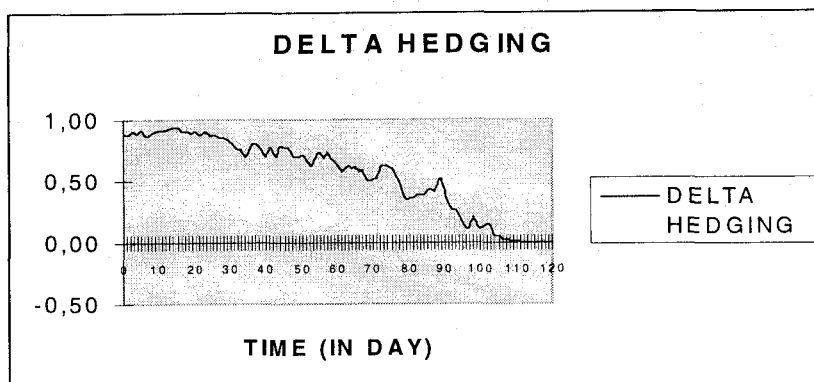
Gambar 4. Lintasan harga saham dengan $S(0) = 100$, $K = 90$ dan $S(120) > K$.



Gambar 5. Delta hedging dengan $S(T) > K$.



Gambar 6. Lintasan harga saham dengan $S(0) = 100$, $K = 90$ dan $S(120) < K$.



Gambar 7. Delta hedging dengan $S(T) < K$.

Misalkan delta (perubahan) dari suatu opsi call adalah 0,6. Ini berarti bahwa ketika harga saham berubah satu satuan maka harga opsi berubah sekitar 60% dari perubahan harga saham itu. Misalkan harga saham adalah \$100 dan harga opsi adalah \$10. Seorang investor telah menjual 20 kontrak opsi call, yaitu opsi untuk membeli 2.000 lembar saham. Posisi investor dapat dipagari dengan membeli $0,6 \times 2.000 = 1.200$ lembar saham. Keuntungan (kerugian) pada posisi opsi cenderung akan bergantung pada keuntungan (kerugian) pada posisi saham. Sebagai contoh, jika harga saham naik \$1 (menghasilkan keuntungan \$1200 dari saham yang dibeli), maka harga opsi cenderung akan naik sebesar $0,6 \times 1 = \$0,6$ (menghasilkan kerugian $2.000 \times 0,6 = \$1.200$ pada posisi opsi yang dijual). Sebaliknya, jika harga saham turun \$1 (menghasilkan kerugian \$1.200 pada posisi saham), maka harga opsi cenderung akan turun sebesar 0,6 (menghasilkan keuntungan \$1.200 pada posisi opsi yang dijual). Pada contoh ini, delta pada posisi opsi investor adalah $0,6 \times (-2.000) = -1.200$. Dengan kata lain, investor kehilangan $1.200 \Delta S$ pada posisi jual opsi ketika harga saham naik sebesar ΔS . Delta dari saham adalah 1 dan delta pada posisi beli 1.200 lembar saham adalah $+1.200$. Maka delta dari keseluruhan posisi investor adalah nol. Posisi dengan delta nol ini dikenal dengan istilah posisi delta netral (*delta neutral*). Hal ini perlu disadari karena perubahan delta sesuai dengan pergerakan waktu dan harga saham, maka posisi investor sangat bergantung pada delta hedging (*delta neutral*) dalam suatu periode waktu yang relatif singkat. Untuk mendapatkan suatu hedging yang sempurna, posisi investor ini harus dilakukan secara kontinu. Tapi pada prakteknya seseorang hanya dapat melakukan ini secara periodik. Kegiatan ini dikenal dengan istilah *rebalancing*.

Misalkan peningkatan harga saham menyebabkan peningkatan dalam delta sebesar 0,6-0,65. Kelebihan delta sebesar $0,05 \times 2.000 = 100$ lembar saham harus dibeli untuk menjaga hedging. Skema delta hedging yang digambarkan adalah suatu contoh dari skema hedging yang dinamik.

Ini sangat kontras dengan skema hedging yang statis karena pemagaran disusun pada awal dan tidak pernah direbalancing. Skema ini seringkali disebut sebagai *hedge and forget schemes*.

Tabel 2 dan 3 memberikan dua simulasi dari pelaksanaan delta hedging secara periodik. Hedging diasumsikan direbalancing setiap minggunya. Seperti pada contoh sebelumnya, asumsikan institusi keuangan harus memagari suatu posisi dari 100.000 opsi call yang dijual dengan tidak ada pembayaran dividen. Data-data yang akan diolah sama seperti sebelumnya, yaitu $S(0) = \$49$, $K = \$50$, $r = 0,05$ (suku bunga majemuk/tahun), $\sigma = 0,2$ /tahun, $T = 20$ minggu (0,3846 tahun).

Tabel 2. Simulasi hedging (opsi call Eropa berakhir *in the money*)

Week	Time to Expiration	Stock Price	Delta	Shares	Shares Purchased	Costs Shares Purchased	Interest Costs	Bank Account
0	0,3846	49,000	0,52160	52160	52160	2555840	0	-2555840
1	0,3654	48,125	0,45835	45835	-6325	-304391	2459	-2253908
2	0,3462	47,375	0,40037	40037	-5798	-274680	2168	-1981396
3	0,3269	50,250	0,59628	59628	19591	984448	1906	-2967750
4	0,3077	51,750	0,69295	69295	9667	500267	2855	-3470872
5	0,2885	53,125	0,77408	77408	8113	431003	3339	-3905214
6	0,2692	53,000	0,77129	77129	-279	-14787	3757	-3894184
7	0,2500	51,875	0,70648	70648	-6481	-336202	3746	-3561728
8	0,2308	51,375	0,67382	67382	-3266	-167791	3426	-3397364
9	0,2115	53,000	0,78653	78653	11271	597363	3268	-3997995
10	0,1923	49,875	0,54972	54972	-23681	-1181090	3846	-2820752
11	0,1731	48,500	0,41275	41275	-13697	-664305	2714	-2159161
12	0,1538	49,875	0,54196	54196	12921	644435	2077	-2805673
13	0,1346	50,375	0,59105	59105	4909	247291	2699	-3055662
14	0,1154	52,125	0,76778	76778	17673	921205	2940	-3979807
15	0,0962	51,875	0,75870	75870	-908	-47103	3829	-3936533
16	0,0769	52,875	0,86541	86541	10671	564229	3787	-4504549
17	0,0577	54,875	0,97835	97835	11294	619758	4333	-5128641
18	0,0385	54,625	0,98994	98994	1159	63310	4934	-5196885
19	0,0192	55,875	0,99997	99997	1003	56043	4999	-5257927
20	0,0000	57,250	1,00000	100000	3	172	5058	-5263157
	Final Costs							-263157
	Discounted Costs							-258145

Dengan formula Black Scholes, diperoleh harga opsi call Eropa $C = \$2,40054$ dan $\Delta = 0,52160$. Ini berarti bahwa pada waktu opsi dijual, seorang *writer* harus membeli $0,52160 \times 100.000 = 52.160$ lembar saham dengan harga \$49. Jadi besar pembelian saham adalah $\$49 \times 52.160 = \$2.555.840$. *Writer* harus meminjam sejumlah uang ini ke bank untuk membeli 52.160 lembar saham.

Karena suku bunga bebas resiko sebesar $r=0.05$, maka besar biaya dari bunga adalah $\$2.555.840 \left(e^{\left(\frac{0,05}{52} \right)} - 1 \right) = \2.459 yang harus dibayarkan mulai minggu pertama. Pada tabel 2, harga saham turun menjadi $\$48,125$ pada akhir dari minggu pertama. Nilai Δ dihitung kembali pada akhir dari minggu pertama dengan menggunakan $S(0)=\$48,125$, $K=\$50$, $r=0,05$, $\sigma=0,2$ dan $T=19$ minggu = $0,3654$ tahun, sehingga diperoleh $\Delta=0,45835$. Sebanyak $52.160 - (0,45835 \times 100.000) = 6.325$ lembar saham harus dijual oleh *writer* untuk melakukan pemagaran. Ini berarti *writer* memperoleh uang kas sebesar $6.325 \times \$48,125 = \304.391 sehingga kumulatif biaya peminjaman pada akhir minggu pertama berkurang menjadi $\$2.555.840 - \$304.391 + \$2.459 = \$2.253.908$. Pada akhir minggu kedua harga saham turun menjadi $\$47,375$ dan nilai Δ turun lagi dan seterusnya (lihat keseluruhan hasil pada tabel 2).

Pada akhir masa berlakunya opsi (akhir minggu ke-20), opsi jelas akan digunakan karena $S_T = \$57,250$ lebih besar dari $K = \$50$. Terlihat bahwa delta hedging menuju satu. *Hedger* tersebut mempunyai posisi *covered* penuh dan menerima $\$5.000.000$ dari hasil penjualan saham serta mempunyai kewajiban untuk membayar utang ke bank sebesar $\$5.263.157$, sehingga total biaya dari menjual opsi dan hedging adalah sebesar $\$5.000.000 - \$5.263.157 = \$263.157$.

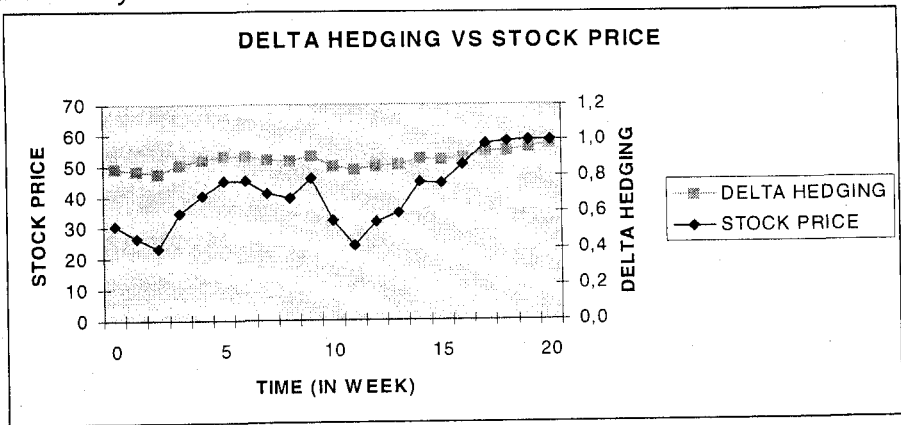
Tabel 3 Simulasi hedging (Opsi call Eropa berakhir *out of the money*)

Week	Time to Expiration	Stock Price	Delta	Shares	Shares Purchased	Costs Shares Purchased	Interest Costs	Bank Account
0	0,3846	49,000	0,52160	52160	52160	2555840	0	-2555840
1	0,3654	49,750	0,56754	56754	4594	228552	2459	-2786850
2	0,3462	52,000	0,70514	70514	13760	715520	2681	-3505051
3	0,3269	50,000	0,57931	57931	-12583	-629150	3372	-2879273
4	0,3077	48,375	0,45871	45871	-12060	-583403	2770	-2298640
5	0,2885	48,250	0,44287	44287	-1584	-76428	2211	-2224424
6	0,2692	48,750	0,47514	47514	3227	157316	2140	-2383880
7	0,2500	49,625	0,53972	53972	6458	320478	2293	-2706651
8	0,2308	48,250	0,41969	41969	-12003	-579145	2604	-2130110
9	0,2115	48,250	0,41047	41047	-922	-44487	2049	-2087673
10	0,1923	51,125	0,65806	65806	24759	1265804	2008	-3355485
11	0,1731	51,500	0,69177	69177	3371	173607	3228	-3532320
12	0,1538	49,875	0,54196	54196	-14981	-747177	3398	-2788541
13	0,1346	49,875	0,53757	53757	-439	-21895	2683	-2769328
14	0,1154	48,750	0,39983	39983	-13774	-671483	2664	-2100510
15	0,0962	47,500	0,23621	23621	-16362	-777195	2021	-1325335
16	0,0769	48,000	0,26146	26146	2525	121200	1275	-1447810
17	0,0577	46,250	0,06192	6192	-19954	-922873	1393	-526331
18	0,0385	48,125	0,18252	18252	12060	580388	506	-1107224
19	0,0192	46,625	0,00673	673	-17579	-819621	1065	-288669
20	0,0000	48,125	0,00000	0	-673	-32388	278	-256558
	Final Costs							-256558
	Discounted Costs							-251672

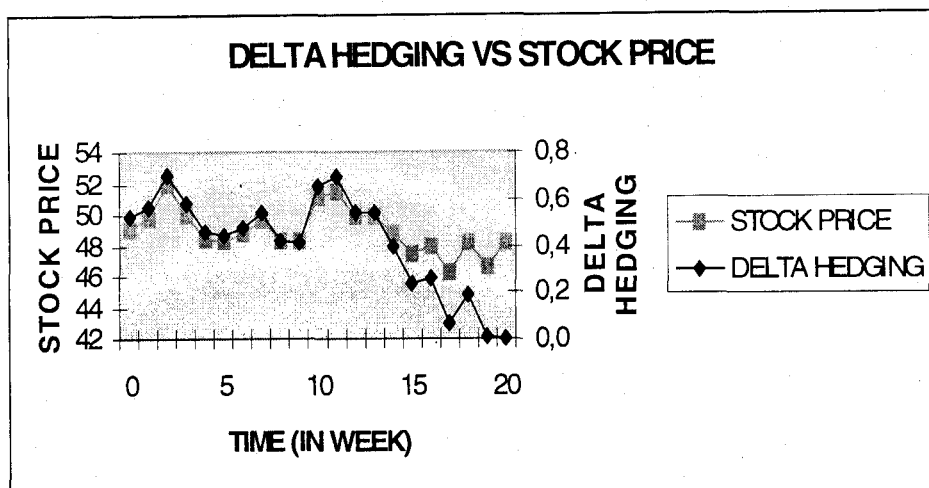
Tabel 3 mengilustrasikan suatu barisan kejadian dengan opsi call berakhir *out of the money*. Jelas opsi tidak akan digunakan karena $S_T = \$48,125$ lebih kecil dari $K = \$50$. Terlihat bahwa delta hedging menuju nol. Pada akhir minggu ke-20 total biaya yang dikenakan kepada *hedger* dari kegiatan menjual opsi dan hedging adalah sebesar \$256.558, yaitu kewajiban untuk membayar utang ke bank.

Pada tabel 2 dan 3 disajikan pula total biaya dari kegiatan menjual opsi call dan hedging ketika didiskon menuju awal perioda, yaitu sebesar \$258.145 untuk opsi call yang berakhir *in the money* dan \$251.672 untuk opsi call yang berakhir *out of the money*. Nilai ini sangat dekat dengan harga opsi call yang dihasilkan dengan menggunakan formula Black-Scholes, yaitu \$240.054. Hasil ini tidak secara eksak sama, ini dikarenakan *rebalancing* hanya dilakukan sekali setiap minggunya. Jika skema hedging dilakukan secara sempurna, maka pada setiap simulasinya total biaya dari kegiatan menjual opsi dan hedging setelah didiskon akan sama dengan harga teoritis opsi yang dihasilkan dengan menggunakan formula Black-Scholes. Skema yang dilakukan diatas adalah skema yang sangat ideal karena diasumsikan volatilitas dan suku bunga konstan serta tidak ada biaya transaksi. Dari tabel 2 dan 3 juga terlihat bahwa secara umum skema ini terdiri dari kegiatan menjual saham jika harga turun dan kegiatan membeli saham jika harga naik. Istilah yang sering dipakai untuk menggambarkan skema ini dikenal sebagai skema beli tinggi dan jual rendah (*a buy-high, sell-low scheme*).

Pada gambar berikut, disajikan perbandingan harga saham dengan delta hedging. Perhatikan seberapa cepat delta hedging konvergen menuju satu pada saat sudah mendekati waktu jatuh tempo untuk opsi call yang berakhir dengan kejadian *in the money* dan konvergen menuju nol untuk opsi call yang berakhir dengan kejadian *out of the money*.



Gambar 8. Perbandingan harga saham dengan delta hedging (kondisi *in the money*).



Gambar 9. Perbandingan harga saham dengan delta hedging (kondisi *out of the money*).

Daftar Pustaka

- Benninga. S. 1999. Financial Modeling. MIT.
- CBOE. 1995. Options: Essential Concepts and Trading Strategies. Richard D. Irwin Inc.
- Higham. D. 2004. An Introduction to Financial Option Valuation. Cambridge.
- Hull. J. C. 2003. Options, Futures and Other Derivatives. Prentice Hall.
- Ross. S. 2003. An Elementary Introduction to Mathematical Finance. Cambridge.
- Stampfli. J & V. Goodman. 2001. The Mathematics of Finance: Modeling and Hedging. Brooks/Cole.
- Taleb. N. 1997. Dynamic Hedging: Managing Vanilla and Exotic Options. John Wiley&Sons.